

0000000000
1234567890
⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑩ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑦ EP 0 577 364 B1

⑩ DE 693 07 956 T 2

⑪ Int. Cl. 5:
G 01 S 1/02
G 01 V 1/38
G 01 S 5/14
B2

②1 Deutsches Aktenzeichen: 693 07 956.8
②6 Europäisches Aktenzeichen: 93 305 024.7
②8 Europäischer Anmeldetag: 28. 6. 93
②7 Erstveröffentlichung durch das EPA: 5. 1. 94
②7 Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 5. 2. 97
②7 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 22. 5. 97

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

30.06.92 NO 922584

⑦3 Patentinhaber:

Geco A.S., Stavanger, NO

⑦4 Vertreter:

Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

⑧4 Benannte Vertragstaaten:

DE, FR, GB, IT, NL

⑦2 Erfinder:

Helgerud, Per, N-3300 Hokksund, NO; Bragstad,
Helge, N-1353 Baerums Verk, NO

⑤4 Gerät für seismische Vermessung und Verfahren zur Synchronisierung von Systemen für seismische
Vermessung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 693 07 956 T 2

DE 693 07 956 T 2

Diese Erfindung betrifft ein Gerät für die seismische Vermessung und ein Verfahren zur Synchronisation von Systemen für die seismische Vermessung und deren Subsysteme. Diese Systeme können land- oder wassergestützt oder beides sein. Die Subsysteme können zumindest ein Navigationssystem, wenigstens ein seismisches Signal erzeugendes System und ein oder mehrere Aufnahmesysteme aufweisen.

Ein solches Gerät ist bekannt aus: NTC'83 IEEE 1983 NATIONAL TELESYSTEMS CONFERENCE, 14. bis 16. November 1983, San Francisco, Ca, US; WARNKE ET AL: "USE OF GPS FOR DETERMINING POSITIONS OF DRIFTING BOUYS", Seiten 209-213.

Bei der Ausführung der seismischen Vermessung, entweder an Land oder im Wasser, ist es grundlegend wichtig, daß man die genauen Zeitpunkte der Ereignisse und der Operationen bestimmen und auch die exakten zeitlichen Beziehungen zwischen den verschiedenen Operationen festlegen kann. Jedoch gibt es bei der seismischen Vermessung eine Anzahl potentieller Ursachen für Zeitfehler und diese beeinflussen ihrerseits die Genauigkeit des gesamten Vermessungssystems. Die Anwendung moderner Computertechnologie bei der Verarbeitung seismischer Daten hat zu einem Bedarf einer Verbesserung der Genauigkeit im Zeitbereich geführt. So ist es erforderlich, daß wenigstens diese Zeitgenauigkeit wesentlich besser als die Genauigkeit und Auflösung ist, die für die angewendete Software kennzeichnend ist, die gewöhnlich im Mikrosekundenbereich liegt. Dadurch lassen sich auch die bei der Synchronisation der Subsysteme eines seismischen Vermessungssystems oder mehrerer Vermessungssysteme, die bei der seismischen Vermessung zusammenarbeiten, auftretenden Schwierigkeiten lösen.

Die Synchronisation beruht bei bekannten seismischen Vermessungssystemen auf der Tatsache, daß das Navigationssystem die Zeit, die Fahrzeuggeschwindigkeit und die Position mit einer Genauigkeit von etwa 100 ms im Zeitbereich kennt. Das Navigationssystem schätzt den Zeitpunkt ab, wenn das Schiff an der Position zum Abfeuern des nächsten Schusses angekommen ist und erzeugt, wenn dieser Zeitpunkt erreicht ist, einen Startimpuls. Dieser Impuls wird von einem Datenaufnahmesubsystem erfaßt, das seinerseits einen Schußimpuls für das Subsystem der Schallquelle erzeugt, die z.B. eine Luftkanone sein kann. Nach einer bestimmten Verzögerung, die der Antwortzeit des Subsystems der Schallquelle entspricht, wird der Schuß abgefeuert. Zu diesem Zeitpunkt erzeugt das Subsystem der Schallquelle erneut einen Impuls, der von dem Aufnahmesystem erfaßt wird, d.h. den sogenannten "field-time-break" (FTB)-Impuls oder ein Zeitmarkensignal. Dann beginnt das Aufnahmesubsystem das Signal von den Sensoren, z.B. Unterwasserhorchgeräten, abzutasten. Dieser Abtastprozeß wird gewöhnlich von einem freilaufenden Oszillator angesteuert. Die Signale werden üblicherweise mikrosekundenweise mit einer Periodizität abgetastet, die gewöhnlich 6-8 s beträgt.

Falls bei der Vermessung mehr als ein Schiff verwendet wird, wird der Startimpuls über eine Funkmodemleitung zu dem Schiff oder den an der Vermessung teilnehmenden Schiffen gesendet. Dieses Funkmodem verwendet gewöhnlich einen Audiokanal und hat die bei dieser Verbindungsart üblichen Verzögerungen und Ungenauigkeiten. Wenn gleichzeitig Vermessungen an weit gestreuten Orten ausgeführt werden, wird ein Rundfunkzeitsignal zur zeitlichen Markierung der Daten verwendet, d.h., daß die Daten anfänglich nicht synchronisiert sondern so markiert sind, daß die fehlende Synchronisation während der Datenverarbeitung kompensiert werden kann.

Dieses bekannte Verfahren hat eine Anzahl ihm eigener Schwachstellen hinsichtlich der Synchronisation von Ereignissen. Operationen und Fehler, die zu einem Zeitpunkt oder in einem Subsystem auftreten, werden durch das System an die nachfolgende Operation übertragen, mit dem Ergebnis, daß das System mit Fehlern im Zeitbereich behaftet ist, die sich nur schwer quantifizieren lassen. Eine gut bekannte Methode wurde zur Normung von Zeitcodesignalen für die Synchronisation von Prozessoren bei Datenaufnahmesystemen verwendet. Diese Zeitcodesignale können auf bekannten Zeitcodestandards beruhen, wie z.B. auf dem IRIG (Inter-Range Instrumentation Group) A, B oder G oder auf der NASA 36 Norm. Bislang gab es jedoch noch kein Verfahren, die Anwendung von Zeitcodes bei der seismischen Vermessung zufriedenstellend zu realisieren. Außerdem bezogen sich die Zeitcodes auf eine absolute Normalzeit, z.B. Universal Time Coordinated (UTC). Eine solche absolute Normalzeit kann man heute durch ein Satellitennavigationssystem bekommen und z.B. einem Navigationssystem an Bord eines Schiffes zuführen.

Gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung ist ein seismisches Vermessungsgerät gemäß dem beiliegenden Anspruch 1 vorgesehen.

Bei einer zweiten Ausführung der Erfindung ist ein Verfahren für Synchronisationssysteme der seismischen Vermessung vorgesehen, wie es in dem beiliegenden Anspruch 15 definiert ist.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den anderen beiliegenden Ansprüchen definiert.

Somit läßt sich ein Verfahren zur Synchronisation von Systemen für die seismische Vermessung angeben, welches die Nachteile eliminiert, mit denen die bislang bekannten

Verfahren zur Synchronisation seismischer Vermessungssysteme behaftet waren.

Solch ein Verfahren kann Zeiten für alle Ereignisse an alle Teile eines Datenverarbeitungssystems verteilen und dadurch die Anwendung von Triggerimpulsen vermeiden, und gleichzeitig erhält jedes Subsystem die Zeit mit dem gewünschten hohen Genauigkeitsgrad.

Diese Vorteile können dadurch erzielt werden, daß einem Vermessungssystem eine absolute Normalzeit, wie z.B. Universal Time Coordinated (UTC), zur Verfügung gestellt wird, über einen Zeitcodegenerator in dem Überwachungssystem ein Zeitcode, basierend auf der absoluten Normalzeit, erzeugt wird, wenigstens ein programmierbarer Ereignisgenerator im Überwachungssystem vorgesehen ist, der mit dem Zeitcodegenerator verbunden ist, der Ereignisgenerator mit der absoluten Normalzeit synchronisiert wird, die Zeit für ein definiertes Ereignis auf der Basis gegebener Parameter vorbestimmt wird, die Zeit für ein definiertes Ereignis spezifiziert, der Zeitcode mit dem Zeitpunkt in Übereinstimmung gebracht, die Zeit für das definierte Ereignis den relevanten Subsystemen eingespeist, gleichermaßen kontinuierlich die Subsysteme mit der absoluten Normalzeit versorgt und das Ereignis dadurch in einem oder mehreren relevanten Subsystemen auf der Basis der kontinuierlich zugeführten Normalzeit ausgeführt wird.

Die Erfindung wird weiterhin beispielhaft bezogen auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

Fig. 1 schematisch das Synchronisationsprinzip bei einem bekannten seismischen Vermessungssystem;

Fig. 2 schematisch die Synchronisation in einem eine Ausführungsform dieser Erfindung bildenden seismischen Vermessungssystem;

Fig. 3 die Synchronisation zwischen zwei Systemen für die seismische Vermessung, wobei diese Erfindung in dezentraler Weise implementiert ist;

Fig. 4 die Synchronisation zwischen zwei Systemen für die seismische Vermessung, jeweils mit einer zentralisierten und einer dezentralisierten Implementation dieser Erfindung; und

Fig. 5 die Synchronisation zwischen zwei Systemen für die seismische Vermessung, von denen ein Vermessungssystem landgestützt und das andere schiffgestützt ist.

Fig. 1 veranschaulicht die Synchronisation in einem bekannten seismischen Vermessungssystem. Alle Ereignisse werden durch Triggerimpulse ausgelöst, die auf einem Startimpuls von einem Navigationssubsystem beruhen. Die verschiedenen Subsysteme, wie z.B. das der Schallquelle und das für die Aufzeichnung, erhalten die laufende oder Ortszeit nicht. Deshalb hängt die zeitliche Genauigkeit der Triggerimpulse von der Synchronisation mit irgendeinem Normalzeit und den Startimpulsen ab. Es ist offensichtlich, daß die Übertragung und das Triggern der Impulse selbst Verzögerungen und Ungenauigkeiten unterworfen sein können, die durch das gesamte Vermessungssystem übertragen werden.

Ein das Verfahren dieser Erfindung verwendendes Gerät ist schematisch in Fig. 2 gezeigt. Ein Empfänger empfängt Signale von einem Satellitennavigationssystem, in diesem Fall vom sogenannten Global Positioning System oder GPS, welches ein Zeitnormal an ein Navigationssubsystem liefert, das einen Teil des seismischen Vermessungssystems bildet. Diese Normalzeit kann z.B. der Universal Time Coordinated sein. Sie wird den verschiedenen Subsystemen, wie z.B. dem der Schallquelle und dem Aufnahmesubsystem, zugeleitet, und gleichzeitig erhalten diese Systeme die Schußzeitpunkte.

Zur Synchronisation mit einem anderen Vermessungssystem werden auch die Zeiten für die Ereignisse, z.B. die Schußzeitpunkte, an ein Funkmodem zur Übertragung zu dem anderen Vermessungssystem geliefert.

Die Synchronisation basiert auf der sogenannten deterministischen Ereigniserzeugung. Dies führt dazu, daß ein Ereignis gleichzeitig, d.h. innerhalb einer Zeitdauer von 10 ms in zwei oder mehreren Vermessungssystemen stattfinden wird. Die Zeit für das Ereignis oder die Ortszeit (Tageszeit, TOD) wird vorhergesagt und vom Hauptsystem, d.h. vom Vermessungsschiff, einige Sekunden vor der Zeit, wo das Ereignis stattfinden soll, über eine Rundfunknachricht ausgesendet. Diese Nachricht hat die Form einer einfachen Computernachricht. Jedes an der Ausführung des Ereignisses beteiligte System wird das Ereignis intern generieren auf der Grundlage der zugeführten Ortszeit (TOD) und seinem internen, sehr genauen Takt, der z.B. eine Zeitgabe mit einer Genauigkeit von 1 μ s erreicht.

In der Praxis bedeutet dies, daß ein Schußzyklus von dem Navigationssystem im Hauptvermessungssystem initiiert wird und das Navigationssystem für die Vorhersage der korrekten Schußposition für die Schallquelle, z.B. eine Luftkanone, etwa 2 Sekunden bevor der Schuß stattfindet verwendet wird. Die Bezugszeit $t=0$ oder der sogenannte field-time-break (FTB) wird als Ortszeit (TOD) an alle bei der Vermessung teilnehmenden Vermessungssysteme, z.B. alle Vermessungsschiffe, gesendet. Das Generatorsystem der Schallquelle muß das Signal vor dem field-time-break, das ist das Schußsignal, haben, um die individuellen Schallquellen oder Kanonen korrekt abzufeuern, um eine Druckspitze bei $t=0$ zu erzeugen. Dies wird intern durch Laden einer sekundären Ortszeit für dieses Ereignis in das Register eines sogenannten Ereignisgenerators erzeugt. Die Aufnahme wird bei $t=0$ in gleicher Art initiiert. Wenn die Aufnahme während der Abtastung ausgeführt wird, kann der

Abtastprozeß, z.B. einige Zeit vor $t=0$, neu synchronisiert werden.

Der oben beschriebene programmierbare Ereignisgenerator ist eine Vorrichtung, durch die ein Softwaremodul die Zeit für ein Ereignis relativ zu einer absoluten Normalzeit, z.B. UTC, mit einer Genauigkeit und Auflösung steuern bzw. kontrollieren kann, die viel genauer als die der vorhandenen Software zur Verfügung stehende Zeit ist.

Auf diese Weise kann ein programmierbarer Ereignisgenerator so programmiert werden, daß er Impulse zu bestimmten Zeitpunkten, wenn diese definiert sind, erzeugt, z.B. in UTC oder Universal Time Coordinated, mit einer Genauigkeit von 1 μ s. Ein programmierbarer Ereignisgenerator ist deshalb für eine ausgeklügelte Zeitsteuereinheit wesentlich und kann deshalb als zentrale Einheit implementiert werden, die Startimpulse verteilt oder Impulse zu den verschiedenen Subsystemen in einem seismischen Vermessungssystem freigibt, während gleichzeitig die absolute Zeit intern beibehalten wird. Jedoch kann die Zeitsteuereinheit auch als dezentralisiertes System gestaltet werden, indem die absolute Zeit an die Zeitsteuereinheiten, d.h. die Ereignisgeneratoren in den verschiedenen Subsystemen verteilt wird. In beiden Fällen kann der programmierbare Ereignisgenerator mit einem per Rundfunk, wie z.B. über GPS, ausgesendeten Zeitsignal synchronisiert werden.

Das Navigationssubsystem in dem Vermessungssystem kennt z.B. die Zeit, die Schiffsgeschwindigkeit und die Position mit einer Genauigkeit von 100 μ s. Es schätzt die Zeit für die nächste Schußzeit zuvor ab und verteilt den Schußzeitpunkt an die anderen Subsysteme. Jedes Subsystem kennt seine eigenen Parameter und berechnet interne Zeiten für Ereignisse. Diese Zeiten werden in den örtlichen Ereignisgenerator geladen, der seinerseits die korrekten Impulse zu den vorprogrammierten Zeitpunkten generiert.

Wenn mehrere Schiffe an der seismischen Vermessung beteiligt sind, wird die Schußzeit über eine Funkverbindung zu dem anderen Schiff oder den anderen Schiffen gesendet, die mit den gleichen Systemen ausgerüstet sind, die damit in gleicher Weise synchronisiert werden können.

Das Quellengeneratorsubsystem empfängt die Zeit für den nächsten Schuß, und so werden auf der Basis der eigenen Kenntnis der Verzögerung bei verschiedenen Schüssen Zeiten für die Schußimpulse für die einzelnen Kanonen berechnet. Diese Zeiten werden dem Ereignisgenerator zugeführt, der die Schußimpulse an den korrekten Zeitpunkten erzeugt. Das Aufnahmesubsystem empfängt ebenfalls die Zeit für den nächsten Schuß und berechnet alle Abtastzeiten für diesen Schuß. Die Genauigkeit und die Auflösung im Zeitbereich sind nun besser als nötig. Die seismischen Signale werden von Empfängern, wie z.B. Unterwasserhorchgeräten, aufgenommen. Die Signale von den Unterwasserhorchgeräten werden dann an den exakten Zeitpunkten relativ zu einem absoluten Normalzeit, wie z.B. UTC, während der Gesamtdauer des Datensammelns abgetastet, die z.B. 6-8 s betragen kann. Deshalb braucht man keinen freilaufenden Oszillator.

Wenn es mehr als ein Vermessungssystem gibt, z.B. wenn mehrere Schiffe mit der seismischen Vermessung befaßt sind, werden auf allen Schiffen dieselben Operationen ausgeführt. Dies garantiert, daß bei der Schußzeit und den Abtastzeiten in den beteiligten Vermessungssystemen keine wesentlichen Differenzen auftreten. Wenn die Vermessung an weit voneinander entfernten Orten ausgeführt wird, ist auch garantiert, daß die Abtastung an allen Orten synchron abläuft, da die verwendete absolute Normalzeit natürlich an allen Orten dieselbe ist und in derselben Weise zugeführt wird.

Hier muß bemerkt werden, daß die benötigte zeitliche Genauigkeit bevor der Schuß abgefeuert wird von der

Geschwindigkeit des Schiffs abhängt, und daß etwa $100 \mu s$ gewöhnlich ausreichen, während die Genauigkeit, die nötig ist, nachdem der Schuß abgefeuert wurde, d.h. während der Datensammlung, von der Schallgeschwindigkeit unter der Wasseroberfläche abhängt und dadurch eine Genauigkeit und Auflösung von $10 \mu s$ bei den einzelnen Vermessungssystemen, z.B. Vermessungsschiffen, notwendig ist.

Fig. 3 veranschaulicht die Synchronisation seismischer Vermessungssysteme, die eine dezentrale Realisation dieser Erfindung bilden. Zwei Vermessungssysteme werden verwendet, die ein erstes und zweites Schiff sein können. Jedes Vermessungssystem weist ein Navigationssubsystem auf, das mit einem GPS-Empfänger verbunden ist. In dem Navigations-subsystem ist ein Zeitcodegenerator vorgesehen, der einen Zeitcode basierend auf der absoluten Normalzeit erzeugt, die vom GPS-Empfänger empfangen worden ist und die z.B. UTC sein kann. Der Zeitcode kann z.B. NASA 36 oder ein IRIG-Zeitcode, wie z.B. IRIG-A, IRIG-B oder IRIG-G sein. Die drei letztgenannten Zeitcodes arbeiten mit Grundperioden von $0,1 \text{ s}$, 1 s und $0,01 \text{ s}$. Ein programmierbarer Ereignis-generator ist in jedem Subsystem vorgesehen und empfängt jeweils die absolute Normalzeit in Form eines Zeitcodes von dem Zeitcodegenerator. Die Subsysteme kommunizieren über ein mit dem Rest des Schiffkommunikationssystem verbundenes lokales Netzwerk (LAN). Die Verbindung zwischen den einzelnen Vermessungssystemen geht über ein Funkmodem. Weil die Synchronisation in jedem Vermessungssystem auf dem über GPS gesendeten absoluten Normalzeit beruht, muß nur noch die Zeit für das Ereignis über Funk gesendet werden, und die Synchronisation geschieht in der gleichen Weise und mit derselben Genauigkeit in allen Vermessungssystemen.

Fig. 4 veranschaulicht ein Beispiel eines Vermessungssystems, das zwei Schiffe aufweist. Schiff 2 hat eine dezentralisierte Realisierung, wie sie anhand der Fig. 3 beschrieben wurde, und Schiff 1 ist mit einem

zentralisierten System ausgestattet. Die Ereignisgeneratoren sind nun zusammen mit dem Zeitcodegenerator vorgesehen, der mit der absoluten Normalzeit synchronisiert wird. Der Zeitpunkt für das Ereignis wird von jedem Ereignisgenerator an die jeweils vorhandenen Subsysteme geliefert. Erneut sind alle Subsysteme über ein lokales Netzwerk (LAN) verbunden, und die Verbindung zwischen den Vermessungssystemen erfolgt, wie zuvor durch eine Funkverbindung. Der einzige Unterschied ist deshalb der, daß die Synchronisation des als Schiff 1 angedeuteten Vermessungssystems zentral und nicht in jedem seiner Subsysteme stattfindet.

Fig. 5 veranschaulicht ein mit dem in Fig. 4 gezeigten Subsystem gleichartiges System für die Synchronisation eines landgestützten Vermessungssystems mit einem wassergestützten Vermessungssystem. Das landgestützte Vermessungssystem entspricht der Realisierung auf Schiff 1 in Fig. 4, wobei das Navigationssystem durch ein Positioniersystem ersetzt ist.

Eine zentralisierte Implementation kann bevorzugt im landgestützten System erfolgen, wo die Ausrüstung und die Vermessungsverfahren sich von denen in wassergestützten Vermessungssystemen unterscheiden. Außerdem ist bei einer zentralisierten Realisation denkbar, daß alle Synchronisationsmittel, z.B. der Zeitcodegenerator und der Ereignisgenerator in dem Navigationssystem integriert werden können, das außerdem den GPS-Empfänger enthalten kann.

Wie in der Einleitung erwähnt, ist das erfindungsgemäße Verfahren primär mit der Synchronisation der Schußzeiten, der Schußaufnahmezeiten und der Abtastzeiten in seismischen Datenaufnahmesystemen befaßt. Allerdings kann das Verfahren auch zur Qualitätskontrolle in einem System für die seismische Vermessung dienen. Die Erfindung kann zum Test der Genauigkeit im Zeitbereich, der Echtzeit für Ereignisse

über den Ereignisgenerator dienen, wobei die Genauigkeit in der absoluten Normalzeit ausgedrückt und zu einem zentralen Datenverarbeitungssystem übertragen wird. Einschlägige Fachleute werden leicht erkennen, daß dies im Prinzip nahezu eine Umkehr des bisherigen Synchronisationsverfahrens darstellt. Jedoch ist eine Qualitätskontrolle dieser Art bei der modernen seismischen Datenverarbeitung äußerst wichtig, wo dreidimensionale seismische Verfahren ein vollständig anderes Anforderungsprofil an die Genauigkeit und die Datenverarbeitungskapazität stellen, als es beim zweidimensionalen seismischen Verfahren der Fall war.

Die Erfindung kann auch in anderer Weise als hier beschrieben realisiert und außerhalb der seismischen Vermessung bei der Datenaufnahme und anderen Meßsystemen eingesetzt werden. Die Erfindung ist weder auf die Verwendung der hier beschriebenen Zeitcode und Zeitstandards beschränkt, noch muß sie auf dem Global Positioning System beruhen.

ANSPRÜCHE

1. Vorrichtung für die seismische Vermessung, welche wenigstens ein Navigationssubsystem, wenigstens ein seismisches Signalgeneratorsubsystem und wenigstens ein Aufnahmesubsystem aufweist, gekennzeichnet durch einen Zeitcodegenerator zur Erzeugung eines Zeitcodes in Reaktion auf eine absoluten Normalzeit, Bestimmungsmittel zur Bestimmung der Zeit für Ereignisse der seismischen Vermessung auf der Basis gegebener Parameter und wenigstens einen programmierbaren Ereignisgenerator, der auf den Zeitcodegenerator und die Bestimmungseinrichtung anspricht und jedes in einem relevanten Subsystem auszuführende Ereignis auf der Basis der absoluten Normalzeit aktiviert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitcodegenerator zum Empfang des absoluten Zeitsignals von einem Satellitennavigationssystem eingerichtet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitcodegenerator zur Erzeugung eines "Inter-Range Instrumentation Group"-Zeitcodes (IRIG-Zeitcode) eingerichtet ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeitcodegenerator mit mindestens einem programmierbaren Ereignisgenerator in jedem Subsystem verbunden ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine programmierbare Ereignisgenerator auf der Basis von Universal Time Coordinated (UTC) synchronisiert wird, und

diese Synchronisation mittels des vom Zeitcodegenerator zugeführten Zeitcodes geschieht.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine programmierbare Ereignisgenerator auf der Basis der von einem Satelliten-navigationssystem empfangenen Universal Time Coordinated-Normalzeit synchronisiert wird.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeit für wenigstens ein vorbestimmtes Ereignis zu einem programmierbaren Ereignisgenerator in dem relevanten Subsystem übertragen wird.

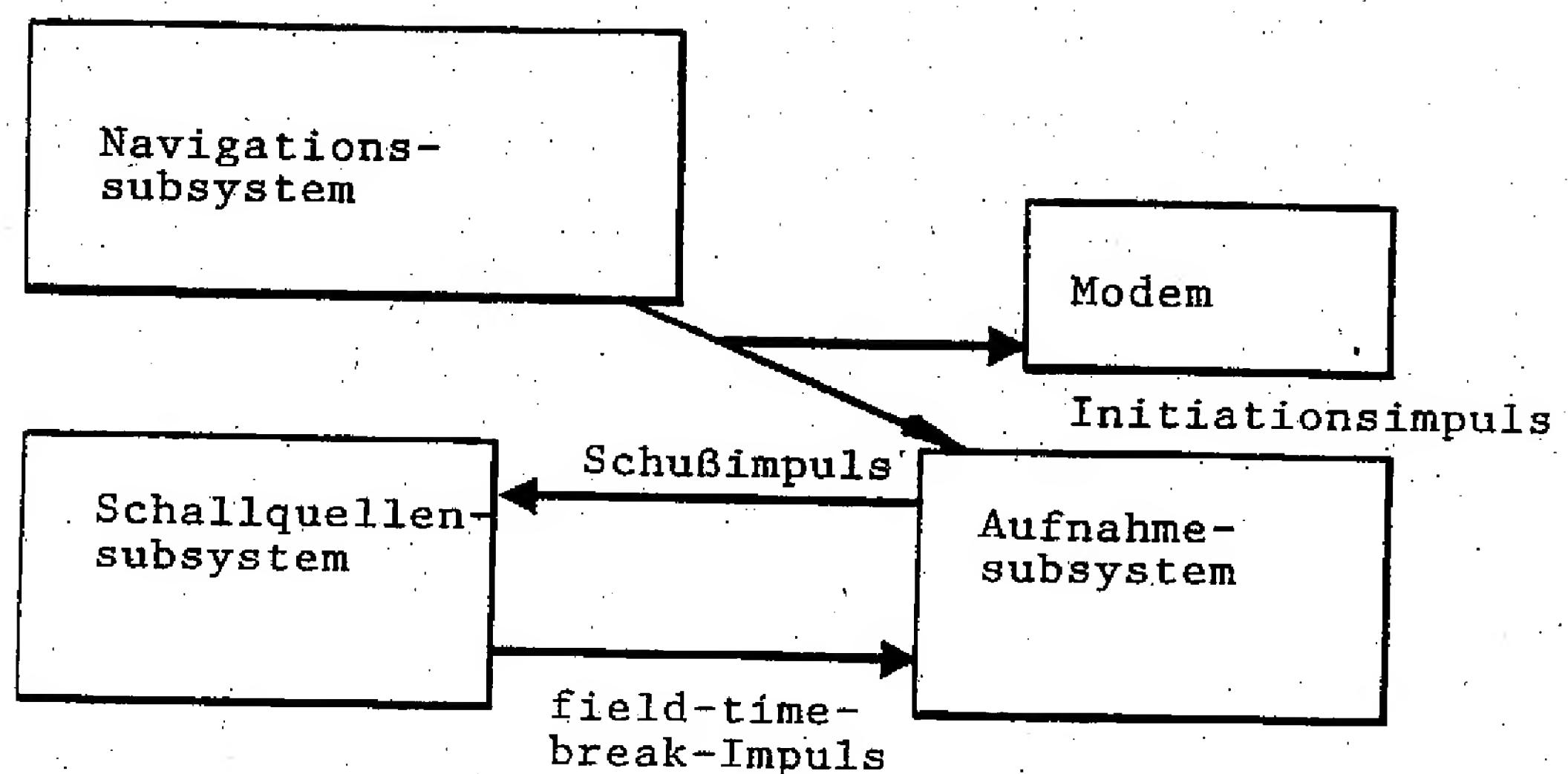
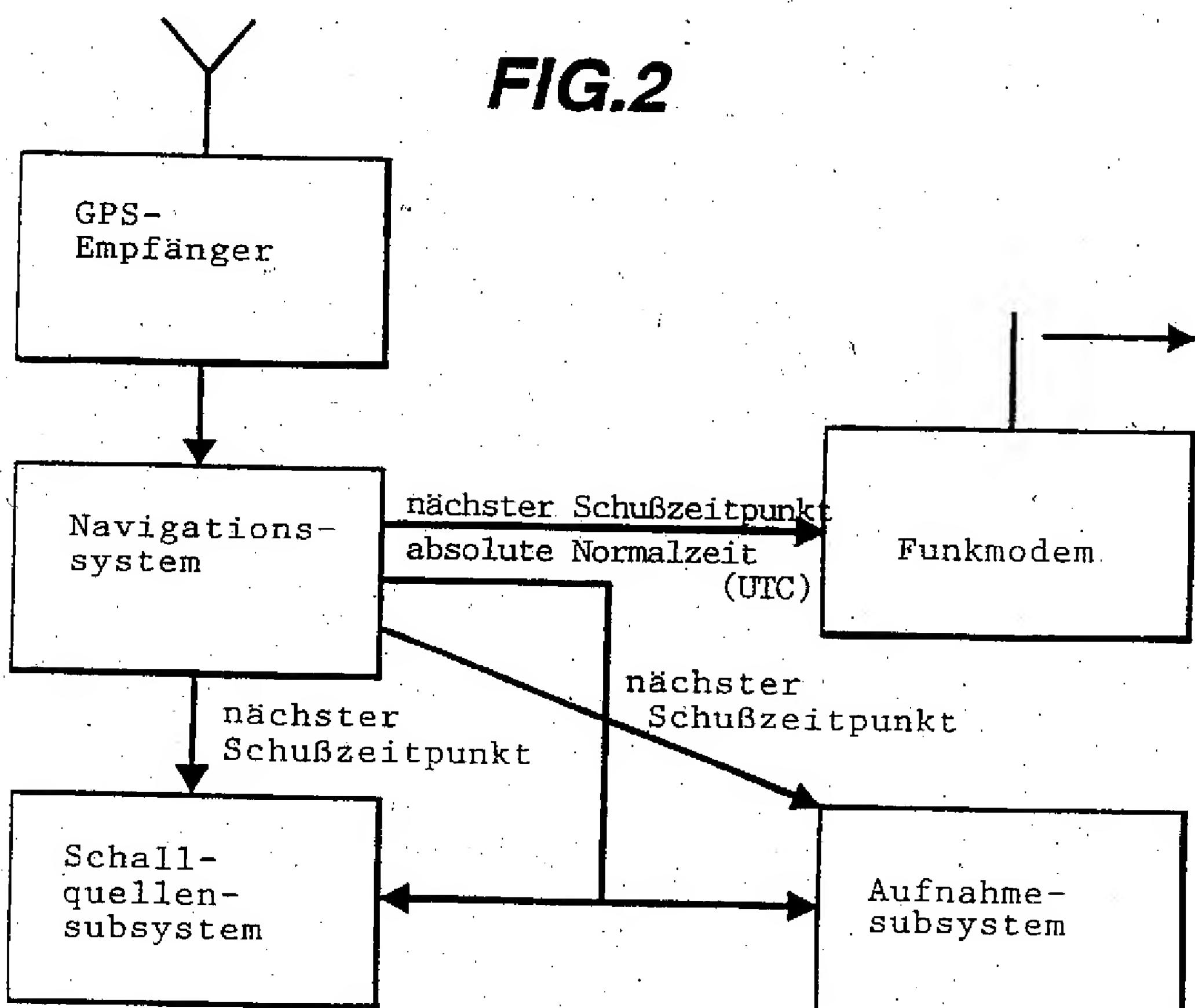
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet daß der programmierbare Ereignisgenerator in jedem Subsystem den Zeitcode für die absolute Normalzeit liefert bekommt.

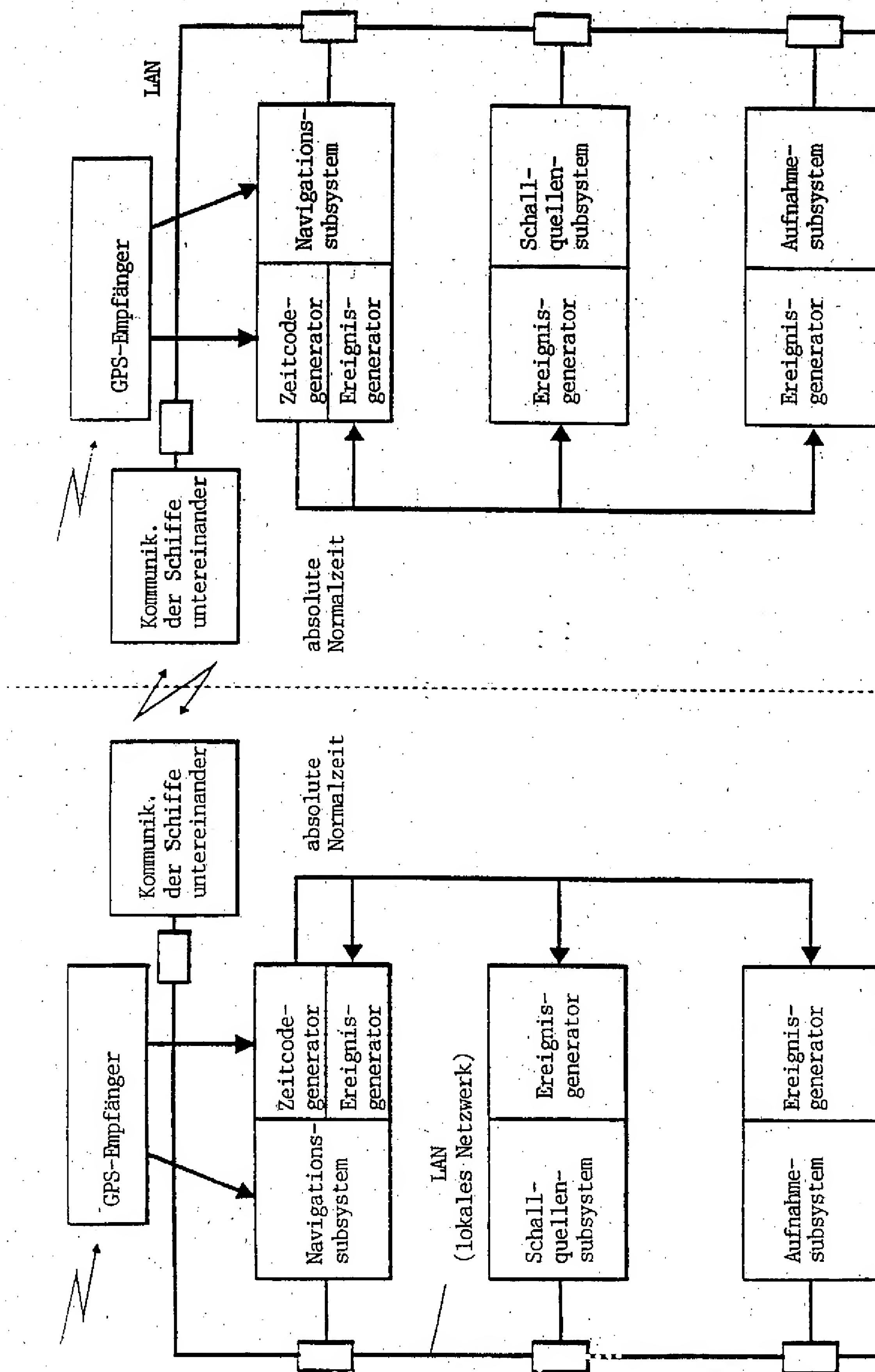
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet daß wenigstens eines der Ereignisse von dem programmierbaren Ereignisgenerator des relevanten Subsystems auf der Basis der vorbestimmten Zeit und synchron mit der Echtzeit aktiviert wird, wie sie vom kontinuierlich übertragenen Zeitcode angegeben ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Parameter, der für die Vorbestimmung des Ereignisses gegeben ist, auf der Basis einer kontinuierlichen Positionsermittlung im Navigations-subsystem generiert wird.

11. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Signalgeneratorsubsystem wenigstens eine Schußzeit auf der Basis der absoluten Normalzeit steuert.

12. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufnahmesubsystem die Aufnahmezeit auf der Basis der absoluten Normalzeit steuert.
13. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufnahmesubsystem die Abtastzeiten der seismischen Daten auf der Basis der absoluten Normalzeit steuert.
14. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung so eingerichtet ist, daß sie in absoluter Zeit den präzisen Zeitpunkt für ein während einer seismischen Vermessung tatsächlich auftretendes Ereignis bestimmt.
15. Verfahren zur Synchronisation von Systemen für die seismische Vermessung, wobei diese Systeme wenigstens ein Navigationssubsystem, wenigstens ein Signalgeneratorsubsystem und wenigstens ein Aufnahmesubsystem aufweisen, gekennzeichnet durch Schritte, die mittels eines Zeitcodegenerators aus einer absoluten Normalzeit einen Zeitcode basierend auf der absoluten Normalzeit erzeugen, wenigstens einen Ereignisgenerator mit der absoluten Normalzeit synchronisieren, die Zeit für das wenigstens eine Ereignis der seismischen Vermessung auf der Basis gegebener Parameter bestimmen und die Zeit für wenigstens dieses eine Ereignis an wenigstens einen Ereignisgenerator so liefern, daß letzterer die Ausführung dieses wenigstens einen Ereignisses in wenigstens einem der Subsysteme auf der Basis der absoluten Normalzeit veranlaßt.

FIG.1**FIG.2**



Schiff 1, Aufnahmesystem für seismische Daten
dezentralisierte Implementation von Subsystemen

Schiff 2, Aufnahmesystem für seismische Daten
zentralisierte Implementation von Subsystemen

FIG. 3 Synchronisation von Systemen für die seismische Vermessung

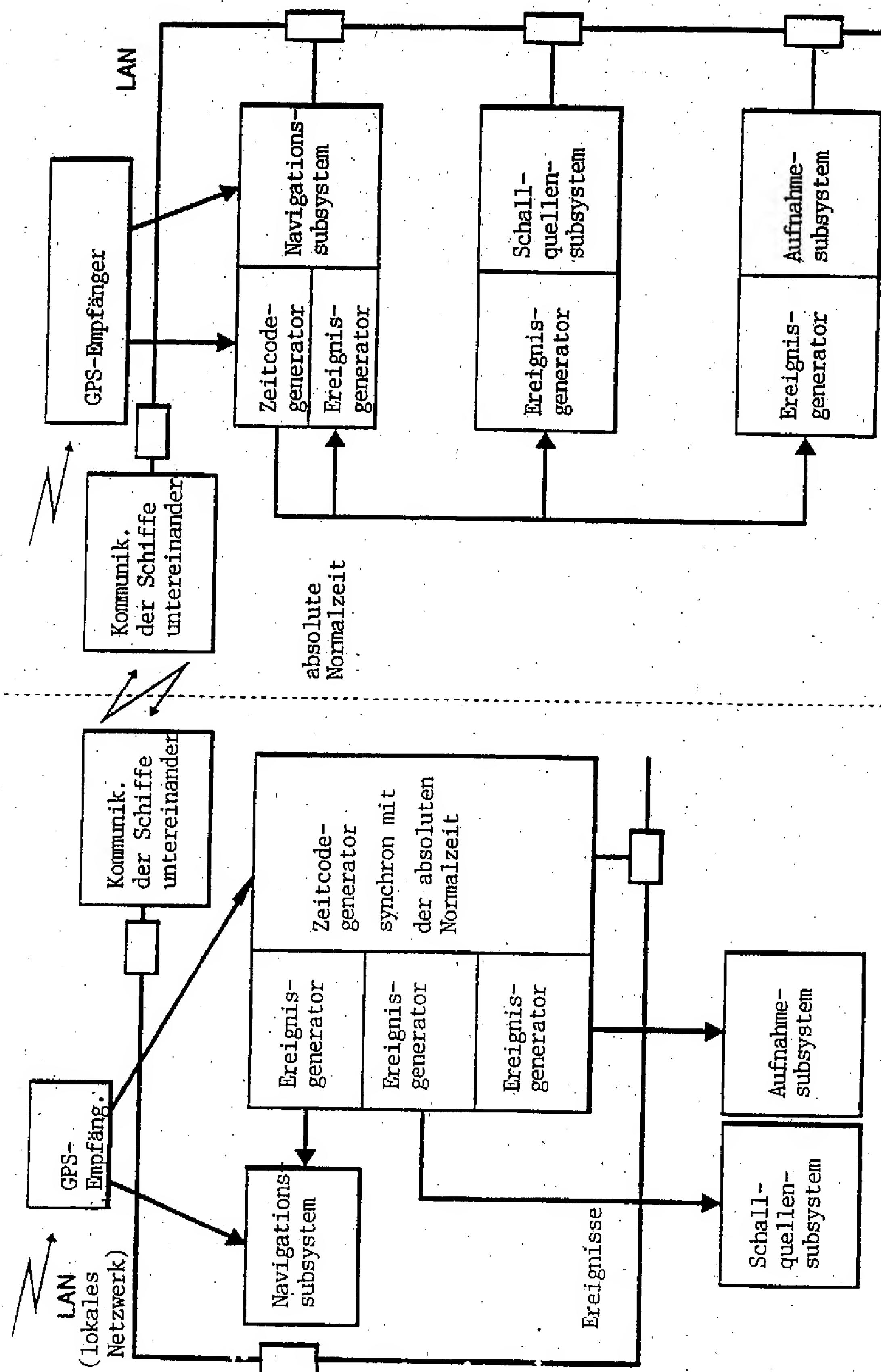
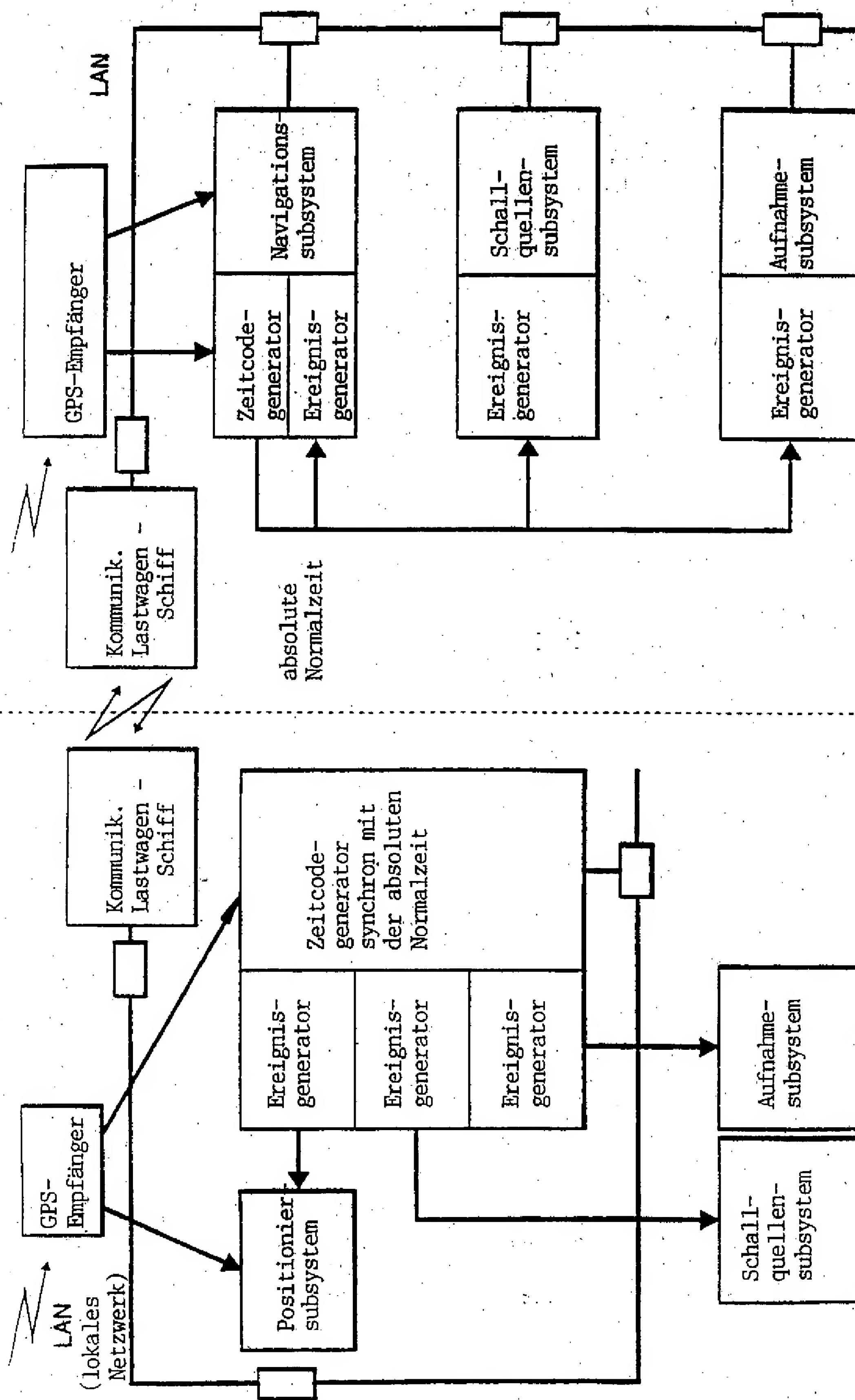


FIG.4 Synchronisation von Systemen für die seismische Vermessung

Schiff 1, Aufnahmesystem für seismische Daten
zentralisierte Synchronisation der Subsysteme

Schiff 2, Aufnahmesystem für seismische Daten
dezentralisierte Synchronisation der Subsysteme



Schiff, Aufnahmesystem für seismische Daten
dezentralisierte Synchronisation der Subsysteme

Lastwagen (Team an Land), Aufnahmesystem für seism. Daten
zentralisierte Synchronisation der Subsysteme

FIG.5 Synchronisation von Systemen für die seismische Vermessung
ein Schiff und ein Lastwagen (Team an Land)

